

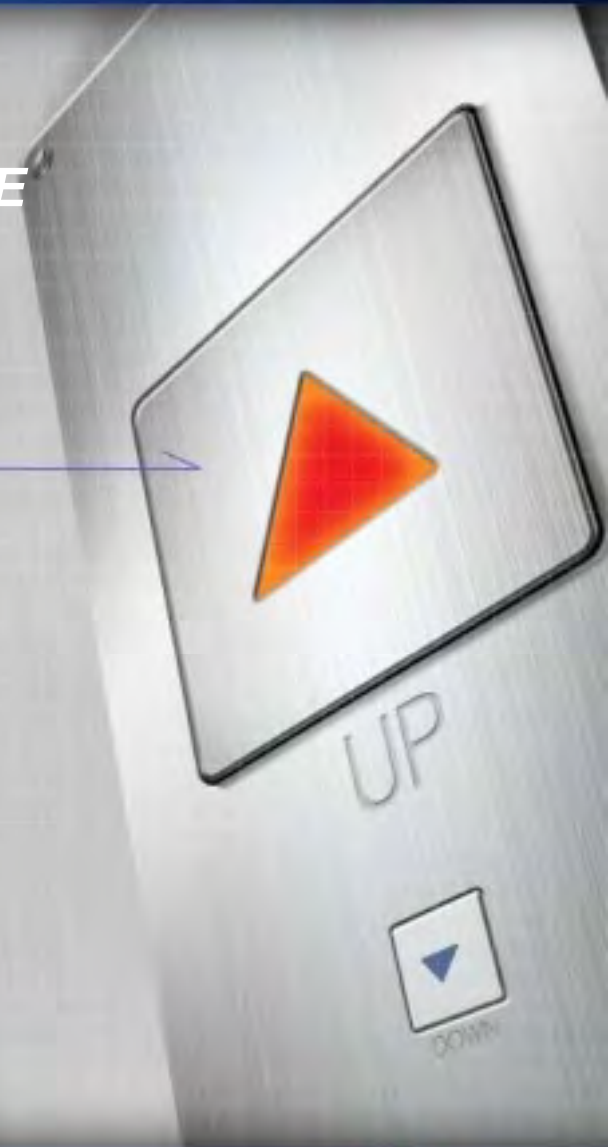
SKRIPSI P2

OPTIMASI PELETAKAN *VERTICAL AXIS MULTIPLE* *TURBINE* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT

Oleh :

Galuh Chandra Kusuma

NRP. 4213 105 022



**MARINE MANUFACTURE DESIGN (MMD)
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
2014**



LATAR BELAKANG

- **Krisis energi** yang melanda masyarakat Indonesia terutama energi listrik yang dampaknya semakin terasa akhir-akhir ini.
- Isu tentang inovasi **sumber–sumber energi pengganti** energi fosil yang semakin meningkat saat ini, hal ini muncul **sebagai langkah antisipasi** semakin **berkurangnya persediaan sumber energi fosil**.
- **Wilayah Indonesia** yang **2/3 luas wilayahnya** terdiri dari lautan dan mempunyai selat – selat yang **kecepatan arus lautnya sekitar 1,5 m/s** yang sangat **berpotensi** untuk **pengaplikasian energi arus laut**.

PERUMUSAN MASALAH



Permasalahan

Permasalahan yang timbul berdasarkan peletakan turbin ini adalah :

1. Berapakah jarak yang optimal antar turbin agar mampu bekerja secara maksimal apabila dipasang disamping turbin yang lain?
2. Berapakah jarak yang optimal antar turbin agar mampu bekerja secara maksimal apabila dipasang dibelakang turbin yang lain?

TUJUAN TUGAS AKHIR



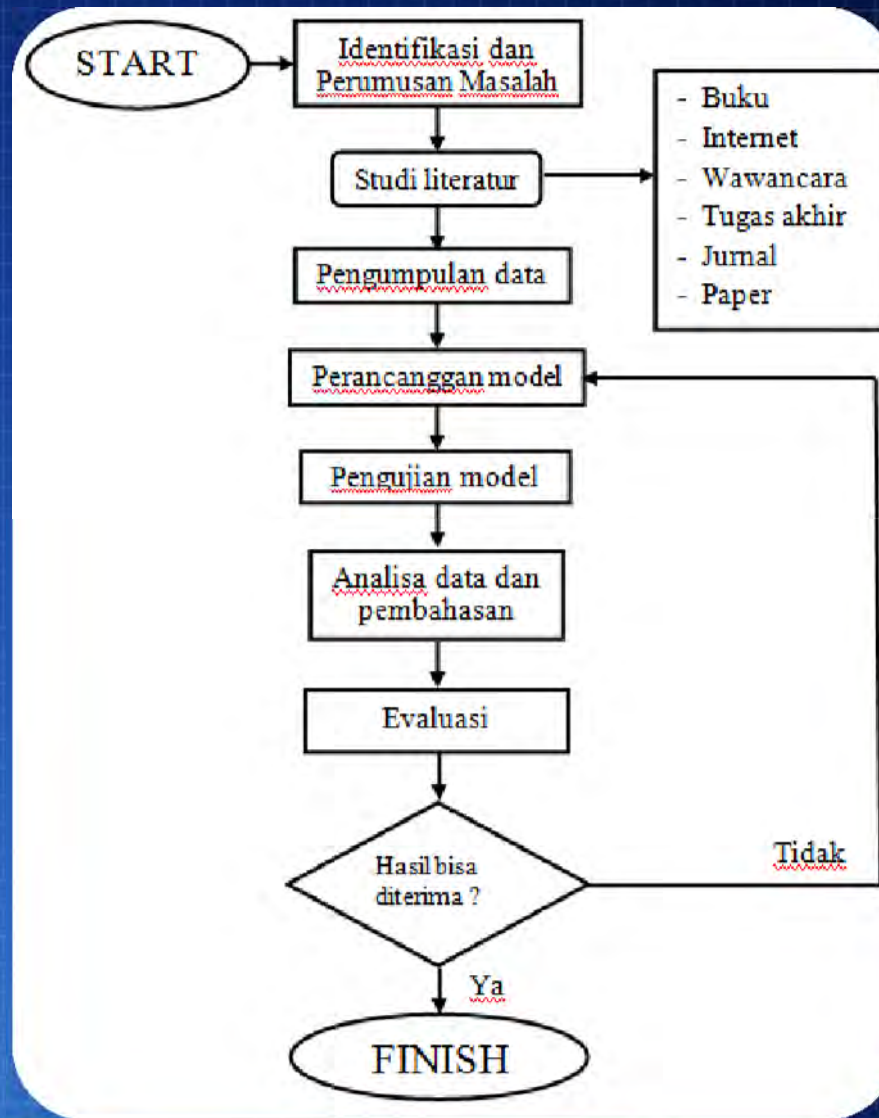
1. Mengetahui jarak optimal antar turbin saat bekerja secara maksimal apabila dipasang disamping turbin yang lain.
2. Mengetahui jarak optimal antar turbin saat bekerja secara maksimal apabila dipasang dibelakang turbin yang lain.

BATASAN MASALAH

Batasan-batasan masalah dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Tugas akhir ini hanya menggunakan 1 jenis turbin vertikal axis dengan 3 jumlah blade.
2. Pada pemodelan bagian lempeng atas turbin dihilangkan
3. Pada simulasi tugas akhir ini hanya menganalisa putaran turbin searah.
4. Tidak menganalisa kekuatan dan faktor –faktor yang berhubungan dengan material turbin
5. Tugas akhir ini tidak membahas tentang aspek ekonomi.
6. Proses pengerjaan dibantu dengan software Ansys 14 dan Ansys 12.1

FLOW CHART



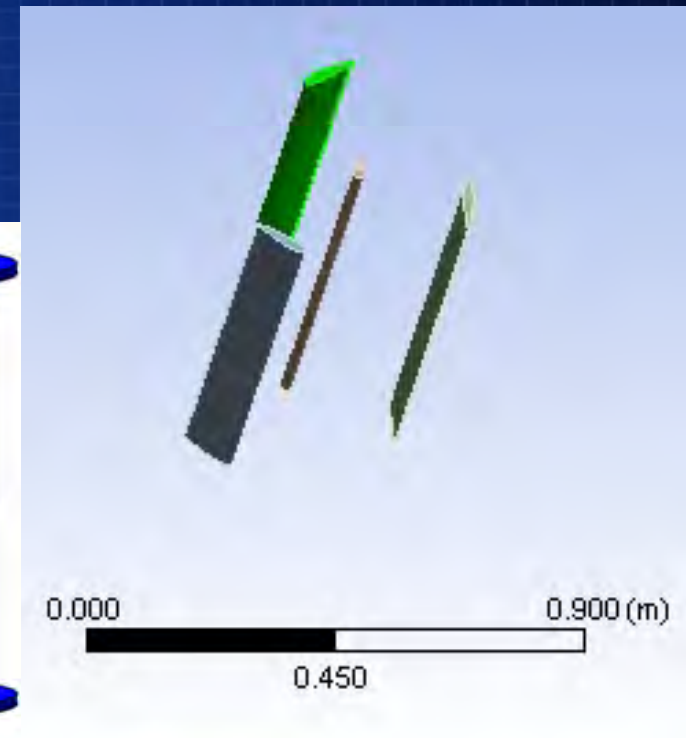
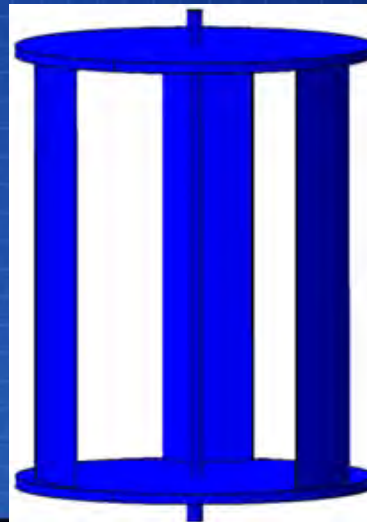
MODELING



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Dalam perancangan model VATT. Model dirancang menggunakan software Ansys 14 berdasarkan model pembanding yang sesuai dengan kebutuhan tugas akhir ini, dengan spesifikasi berikut:

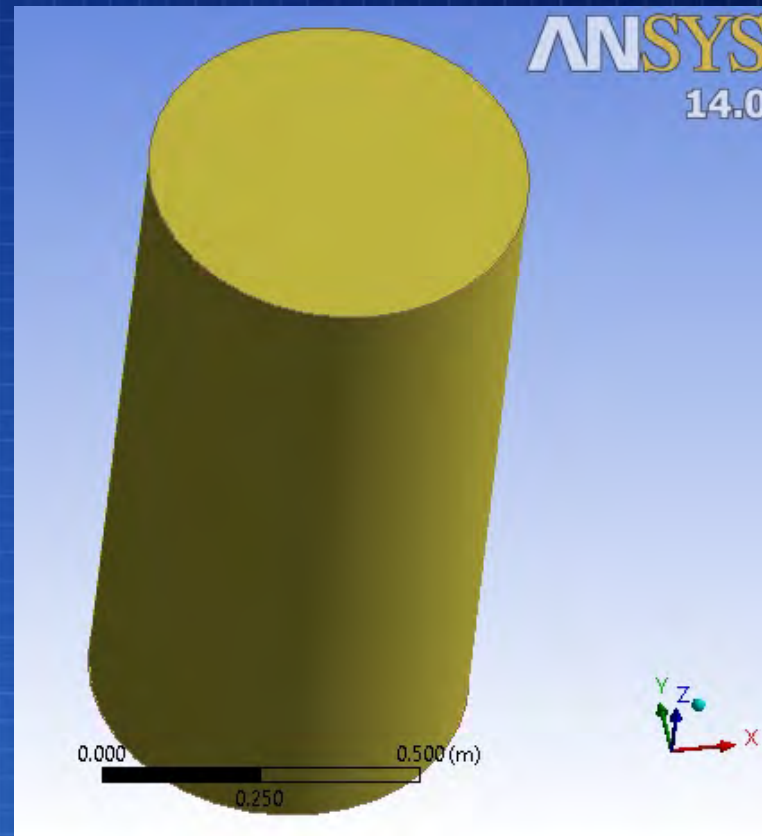
- Number of blades tested : 3
- Blade chord : 0,1 m
- Blade airfoil : NACA 0018
- Blade span : 0,8 m
- Radius : 0,2 m



MODELING

Dalam perancangan domain untuk simulasi ansys berdasarkan penelitian sebelumnya, yang terdiri sebagai berikut :

Domain tabung →

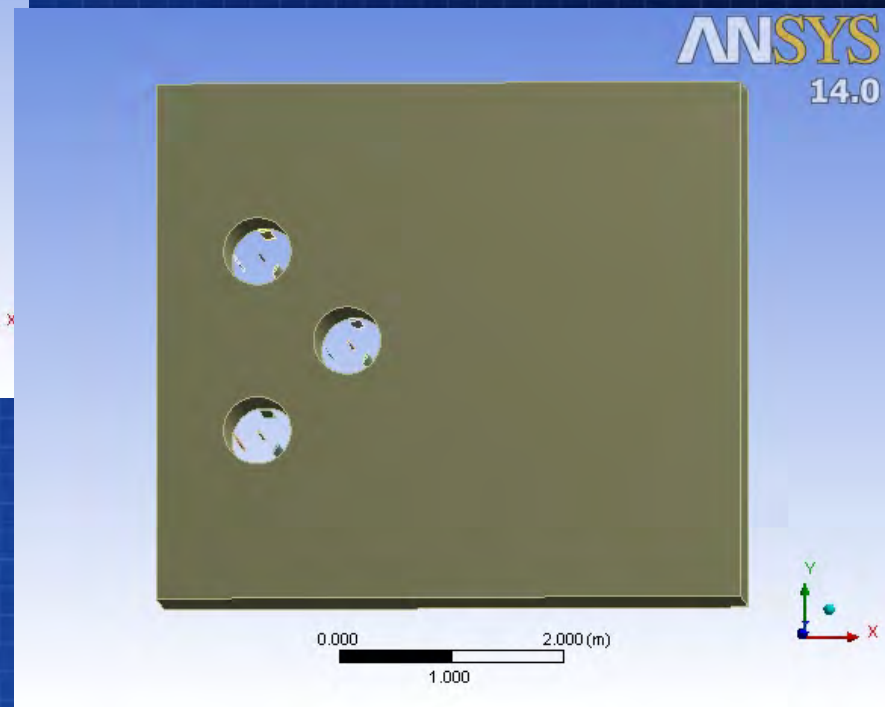
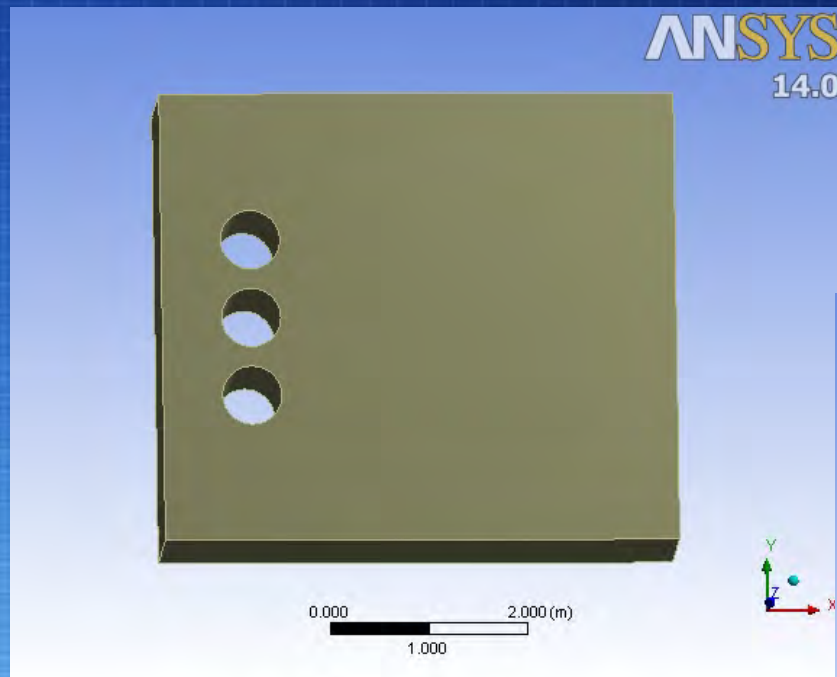


MODELING

Domain Laut



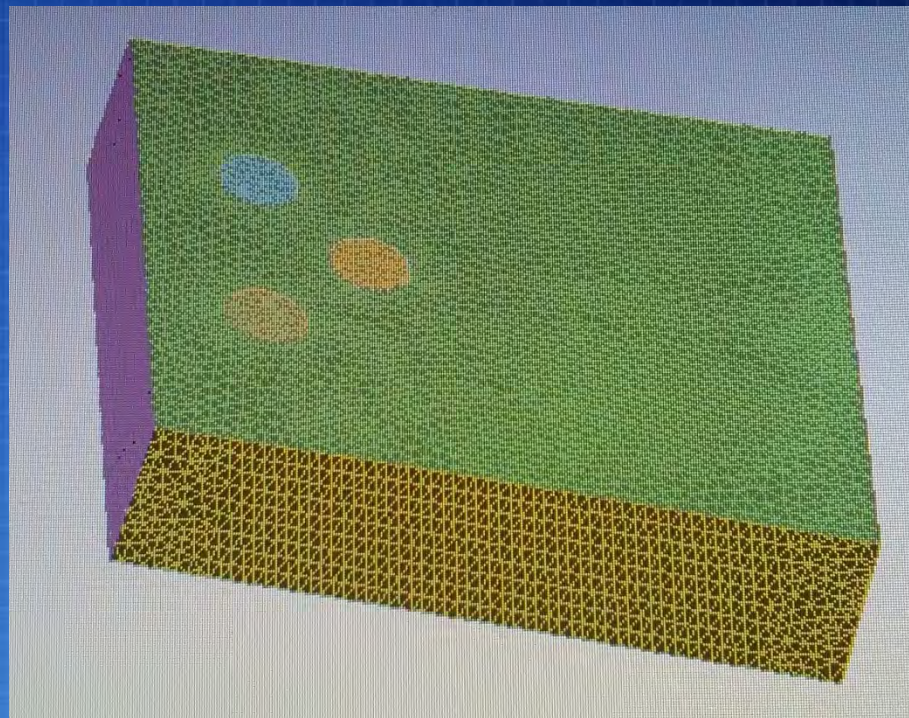
ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



MESHING

- Proses meshing merupakan proses merajut maupun membagi sebuah model menjadi bagian – bagian kecil yang berfungsi untuk *control volume*

Hasil meshing sebagai berikut:



PENGATURAN KONDISI SIMULASI



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

- Pengaturan kondisi batas simulasi pada Ansys masuk kedalam tahapan cfx-pre dimana mempunyai peranan yang sangat penting untuk memperoleh hasil simulasi seperti kondisi sebenarnya, dimana pengaturanya sebagai berikut:

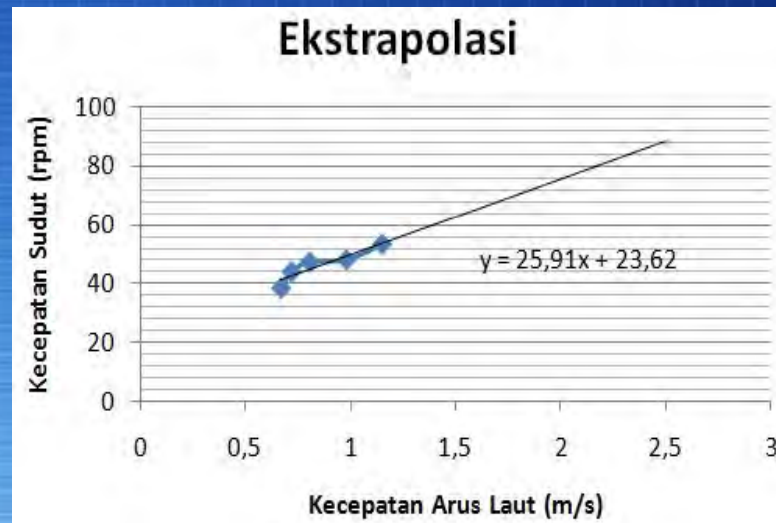
No	Kondisi batas simulasi	Posisi	Kondisi
Domain laut (Fluid Domain)			
1	<i>Inlet</i>	Sisi depan domain laut	Kecepatan sesuai tabel 4.1 <i>Turbulence model low intensity</i>
2	<i>Opening</i>	Sisi kanan, kiri dan belakang	<i>Mass and momentum entrainment</i> <i>Zero gradient</i>
3	<i>Free wall laut</i>	Sisi atas dan bawah	<i>Free slip wall</i>
4	<i>Interface</i>	Sisi selubung dalam tabung	<i>Mesh connection</i> <i>GGI</i>
Domain tabung (Fluid domain)			
1	<i>Free wall tabung</i>	Sisi atas dan bawah	<i>Free slip wall</i>
2	<i>Interface</i>	Sisi selubung luar tabung	<i>Mesh connection</i> <i>GGI</i>
Turbin (Immersed Solid)			
1	Turbin	<i>Straight- blade darrieus</i>	<i>Wall</i>

PENGOLAHAN DATA

Sebelum melakukan simulasi perlu dilakukan validasi, diantaranya:

- Validasi kecepatan sudut turbin

Dengan menggunakan metode ekstrapolasi menggunakan data eksperimen penelitian sebelumnya diperoleh persamaan sebagai berikut :



No	Kecepatan air (m/s)	Kecepatan sudut eksperimen (rpm)	Kecepatan sudut ekstrapolasi (rpm)	Error
1	0,67	38,18	40,98	7,33%
2	0,72	43,79	42,28	3,46%
3	0,806	47,09	44,50	5,49%
4	0,98	47,89	49,01	2,34%
5	1,15	53,26	53,42	0,29%
6	2,5		88,40	
Rata-rata error				3,78%

Dengan error dibawah 10% maka bisa disimpulkan valid

PENGOLAHAN DATA

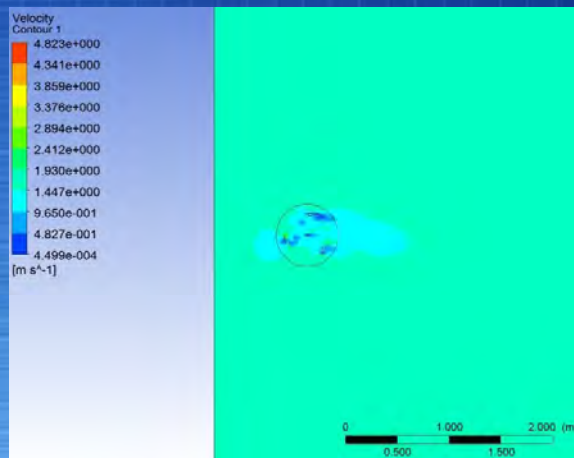
Validasi kedua adalah validasi boundary condition dan meshing untuk memperoleh torsi yang mendekati hasil eksperimen, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Kecepatan m/s	Penelitian sebelumnya		Tugas akhir Ini		Error
	Jumlah mesh	Torsi (N.m)	Jumlah mesh	Torsi (N.m)	
0,6 m/s	7786724	12,69	6583352	11,92	6,07%
0,7 m/s	7786724	16,05	6583352	17,09	6,48%
Error rata-rata					6,27%

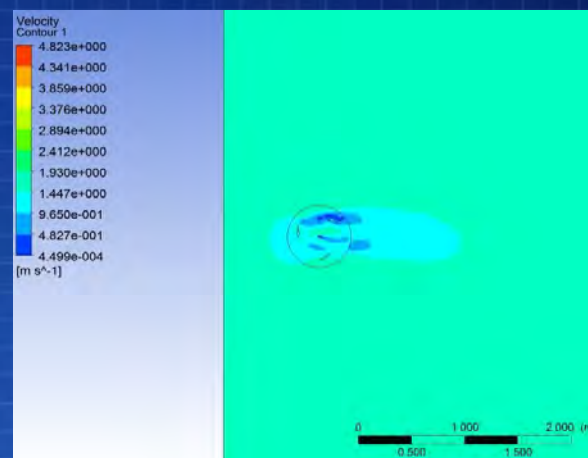
Dengan error dibawah 10% maka bisa disimpulkan valid dan kedua validasi diatas digunakan sebagai acuan simulasi

HASIL SIMULASI

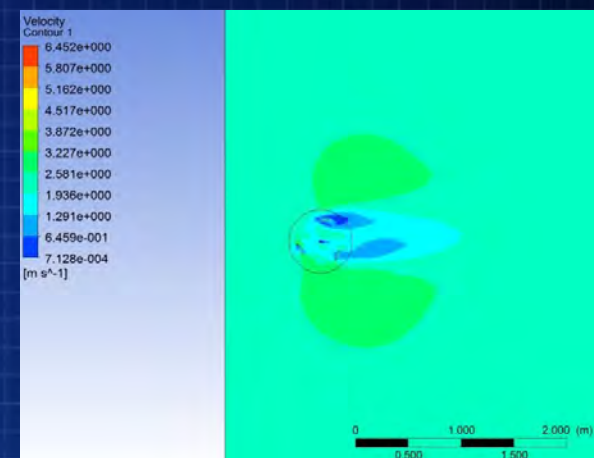
Tahapan pertama dalam optimasi peletakan konfigurasi array multiple turbin ini adalah menentukan *awake* terpanjang dari sebuah single turbin



V=0,5 m/s



V=1,5 m/s

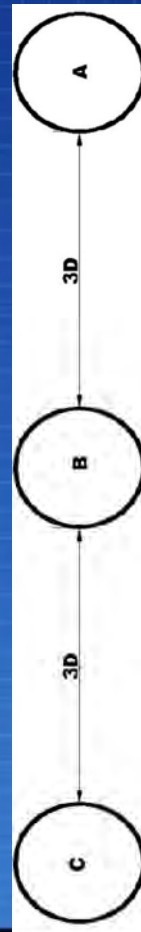


V=2,5 m/s

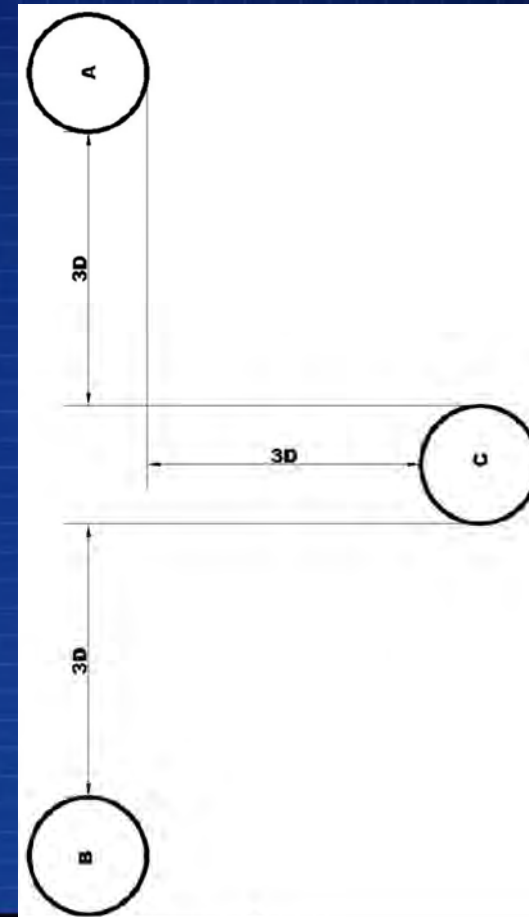
Terlihat bahwa awake terpanjang sebesar 1,1 m terjadi pada saat kecepatan arus laut 2,5 m/s

PERANCANGGAN ARRAY

Setelah diketahui awake terpanjang sebesar 1,1 m antar poros turbin maka konfigurasi konfigurasi multiple array turbine disusun dengan jarak 1,2 m antar poros (3 D antar domain tabung) sebagai berikut:



Formasi array 01



Formasi array

PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data:

$$FD_x \text{ (Force Drag Foil 1)} = 0,114 \text{ N}$$

$$FL_y \text{ (Force Lift Foil 1)} = 1,495 \text{ N}$$

Agar dapat dilakukan perhitungan force

(F) pada foil perlu dilakukan Proyeksi tegak lurus terhadap axis turbin :

$$\begin{aligned} F_x &= FD_x \cdot \sin 60 @ \text{Kuadran 4} \\ &= 0,114 \cdot (-1/2\sqrt{3}) \\ &= -0.0987 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= FL_y \cdot \cos 60 @ \text{Kuadran 4} \\ &= 1,114 \cdot (1/2) \\ &= 0,057 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{x'} &= FD_x \cdot \sin 30 @ \text{Kuadran 1} \\ &= 0,459 \cdot (1/2) \\ &= 0,7475 \text{ N} \end{aligned}$$

PENGOLAHAN DATA

$$\begin{aligned} F_y' &= F_{Ly} \cdot \cos 30^\circ @ \text{Kuadran 1} \\ &= 1,459 \cdot (1/2\sqrt{3}) \\ &= 1,2947 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk menghitung force (F) foil 1

$$\begin{aligned} (F) \text{ foil 1} &= \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2} \\ &= \sqrt{(0,648773104)^2 + (1,351707979)^2} \\ &= 1,499340188 \text{ N} \end{aligned}$$

Dengan tahapan yang sama (F) pada foil 2, foil 3 dan axis dapat diketahui sebagai berikut :

$$(F) \text{ foil 2} = 0,414204056 \text{ N}$$

$$(F) \text{ foil 3} = 0,160000047 \text{ N}$$

$$(F) \text{ axis} = 0,93823771 \text{ N}$$

Untuk menghitung force (F) turbin

$$\begin{aligned} (F) &= (F) \text{ foil 1} + (F) \text{ foil 2} + (F) \text{ foil 3} + (F) \text{ axis} \\ &= 3,011782 \text{ N} \end{aligned}$$

PENGOLAHAN DATA

Diketahui

$$(r) \text{ Turbin} = 0.2 \text{ m}$$

omega (ω) = 36,81 rpm, diperlukan konversi satuan dari rpm ke rad/s dengan persamaan :

$$\text{rpm} = 2\pi \text{ rad/s}$$

$$\text{rpm} = (2 \cdot 3,14)/60$$

$$\text{rpm} = 0,10467 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned} 36.81 \text{ rpm} &= 36,81 \cdot 0,10467 \\ &= 3,85278 \text{ rps} \end{aligned}$$

Setelah (F) diketahui besarnya (T) torque dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} T &= F \cdot r \\ &= (F_{\text{foil}} \cdot r_{\text{foil}}) + (F_{\text{axis}} \cdot r_{\text{axis}}) \\ &= (2,0735442 \cdot 0,2) + (0,9382377 \cdot 0,01) \\ &= 0,424091 \text{ Nm} \end{aligned}$$

PENGOLAHAN DATA

Sehingga setelah T diketahui besarnya P (Daya) pada sudut aximut sebesar 30° dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P (\text{Power}) &= T \times \omega \\ &= 0.424091 \times 3.85278 \\ &= 1,633930299 \text{ Watt} \end{aligned}$$

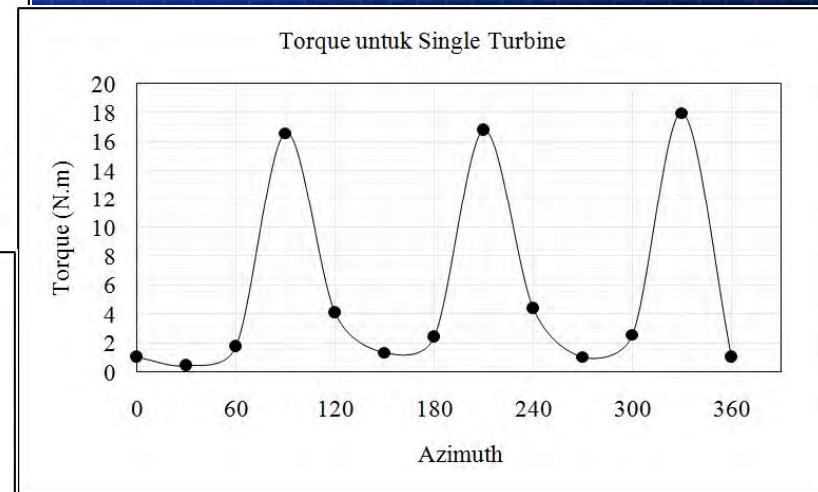
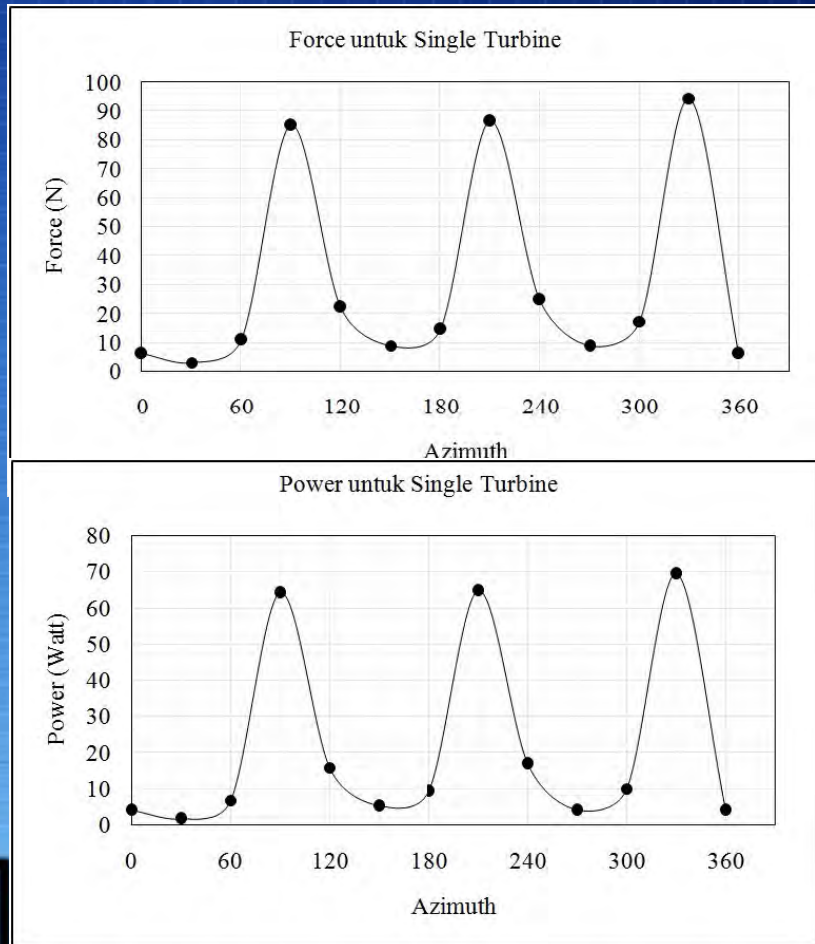
PENGOLAHAN DATA

Dengan tahapan yang sama dilakukan perhitungan , sehingga memperoleh hasil seperti yang disajikan tabel berikut :

Sudut Azimuth (°)	Force of Foil 1 F(N)	Force of Foil 2 F(N)	Force of Foil 3 F(N)	Force of Axis F(N)	Force of Turbine F(N)	Torque T (Nm)	Power P (Watt)
0	1.885184606	2.54475323	0.576000022	1.21697206	6.22290992	1.0134	3.904243
30	1.499340188	0.414204056	0.160000047	0.93823771	3.011782	0.4241	1.63393
60	5.86576059	2.263396894	0.497815924	2.20923683	10.83621024	1.7475	6.732683
90	58.6386651	22.78496542	1.586007881	1.87781415	84.88745255	16.621	64.03592
120	8.430445836	4.461876959	7.459003285	1.83786887	22.18919495	4.0886	15.75265
150	2.3091663	0.815060734	3.52601418	2.25363795	8.903879162	1.3526	5.211211
180	3.194729723	1.790097763	6.810004699	2.79448546	14.58931765	2.3869	9.196244
210	10.21303334	23.30945396	50.30400064	2.62833217	86.45482011	16.792	64.69427
240	4.244573006	13.81736332	3.602013881	3.01050245	24.67445265	4.3629	16.80927
270	0.155455924	4.534611913	0.364020715	3.72984441	8.783932966	1.0481	4.038161
300	2.605270715	6.749555797	3.36119609	4.6003568	17.3163794	2.5892	9.975649
330	13.49645969	56.18296438	20.05530233	4.5337092	94.2684356	17.992	69.32031
360	1.885184606	2.54475323	0.576000022	1.21697206	6.22290992	1.0134	3.904243

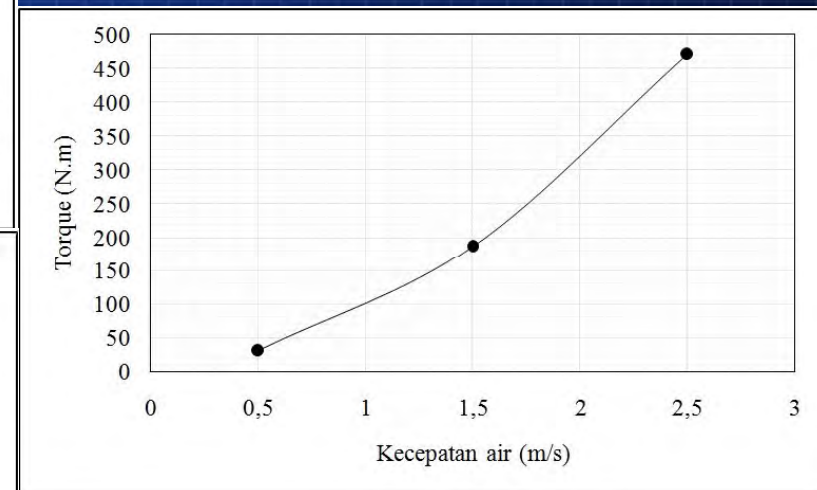
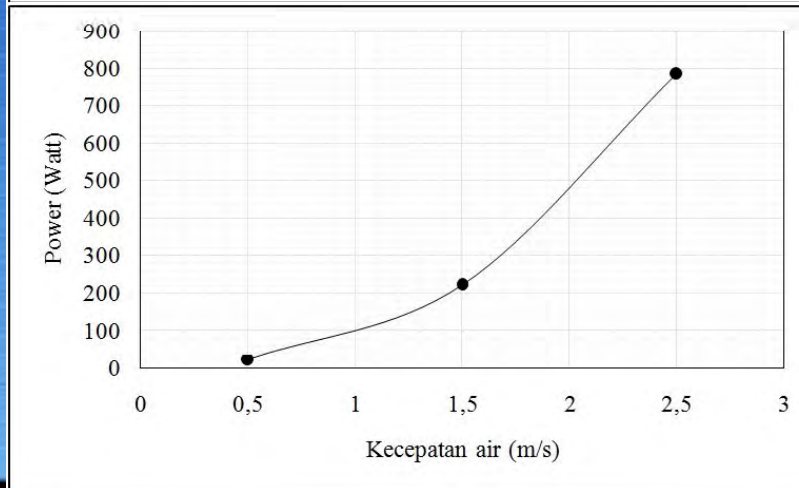
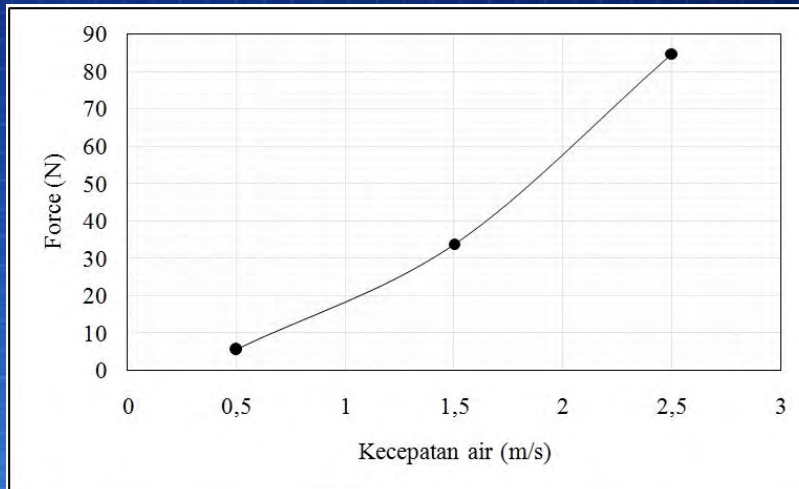
PENGOLAHAN DATA

Sehingga berdasarkan tabel diatas dapat dibuat grafik sebagai berikut



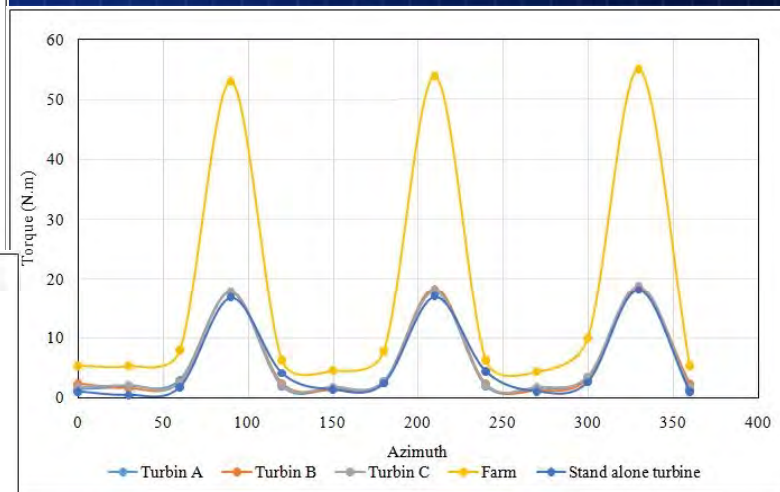
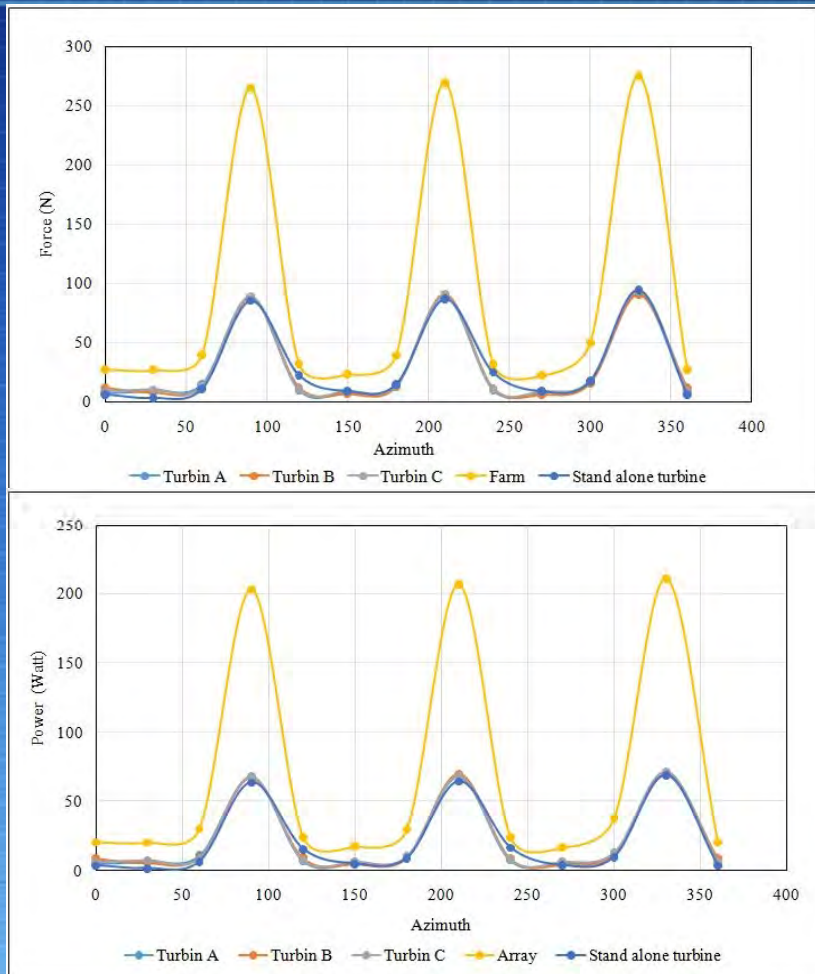
Single turbine $V = 0,5 \text{ m/s}$

PENGOLAHAN DATA



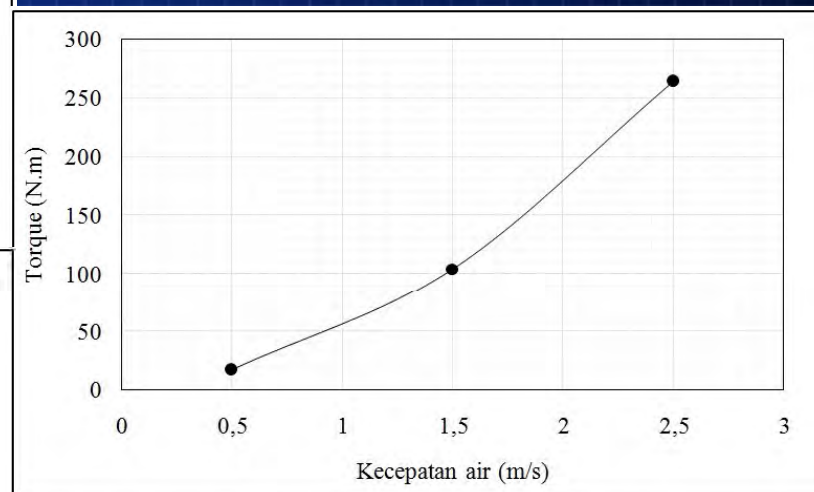
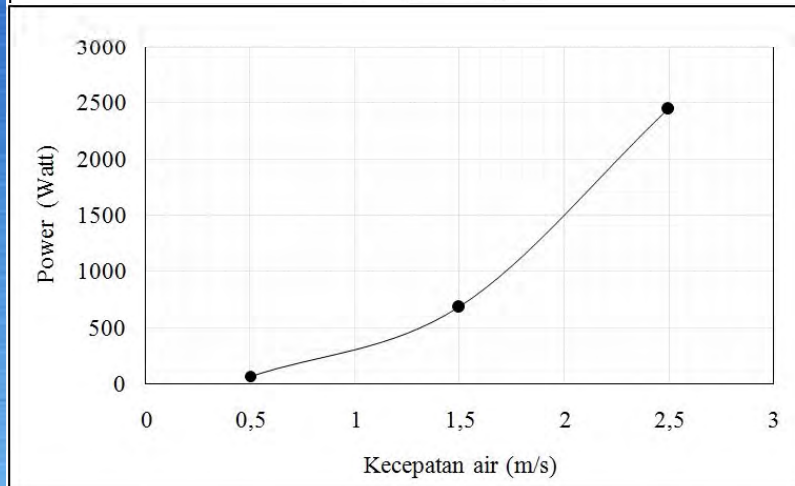
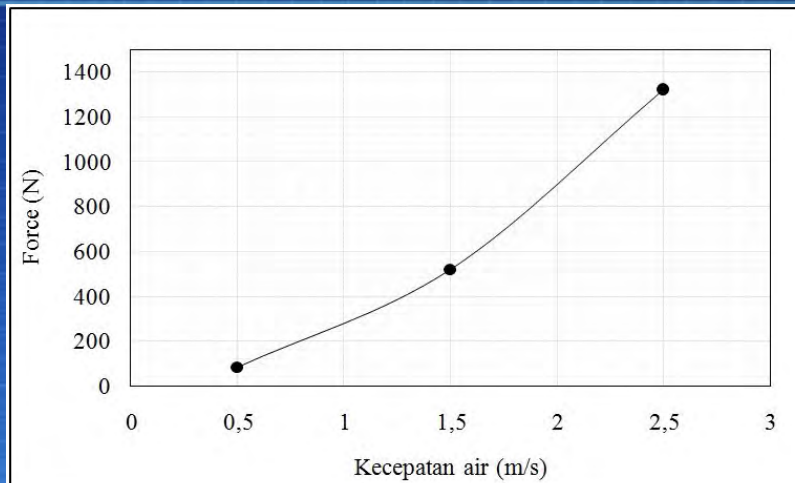
Single turbine $V = 0,5 \text{ m/s}$

PENGOLAHAN DATA



Array Multiple Turbine 01
 $V = 0,5 \text{ m/s}$

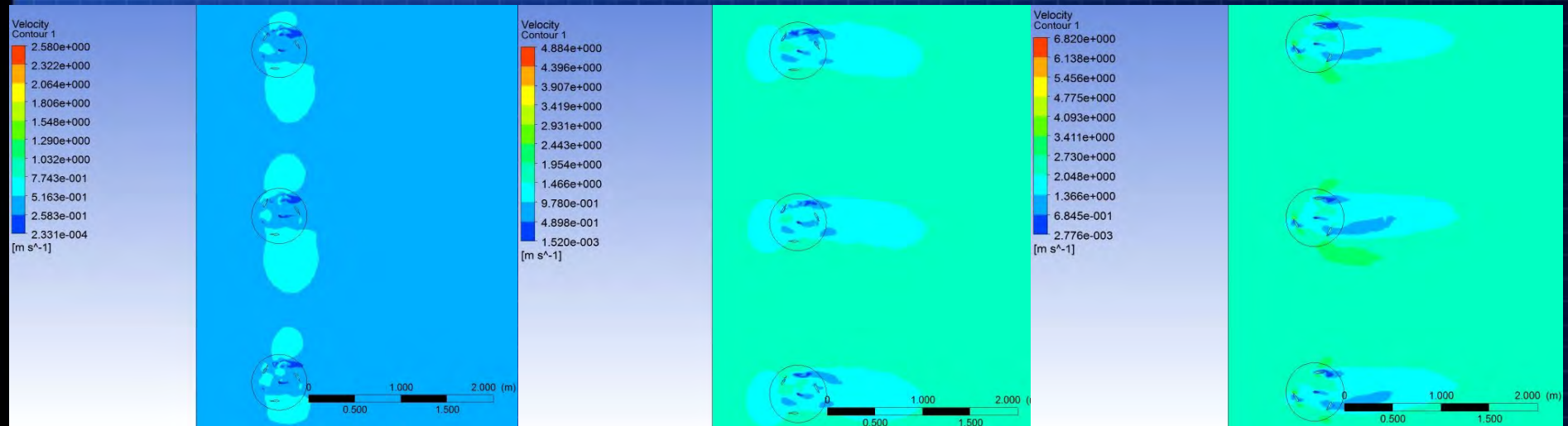
PENGOLAHAN DATA



Array Multiple Turbine 01

$V = 0,5 \text{ m/s}$

HASIL SIMULASI



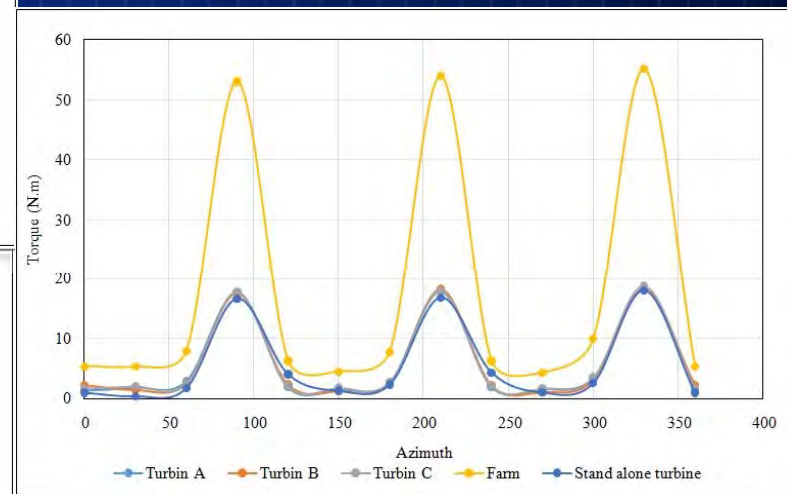
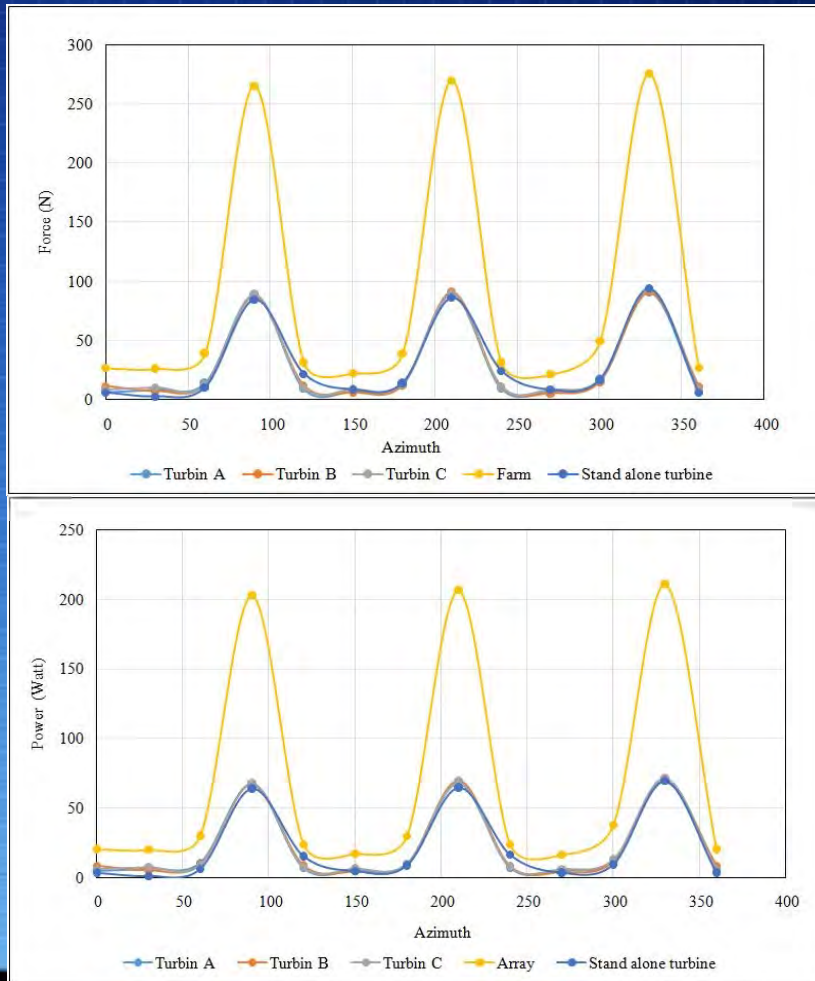
V=0,5 m/s

V=1,5 m/s

V=2,5 m/s

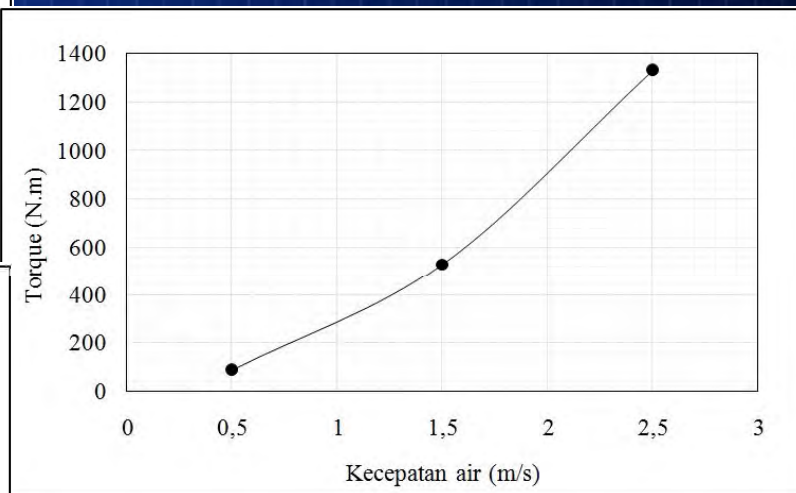
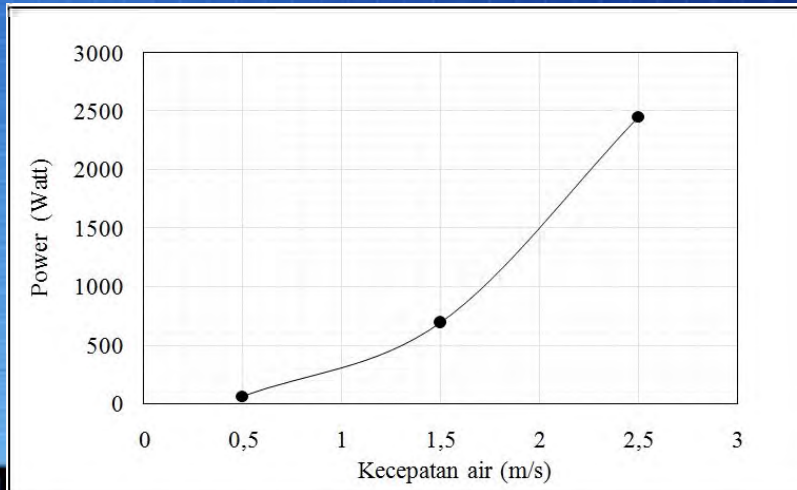
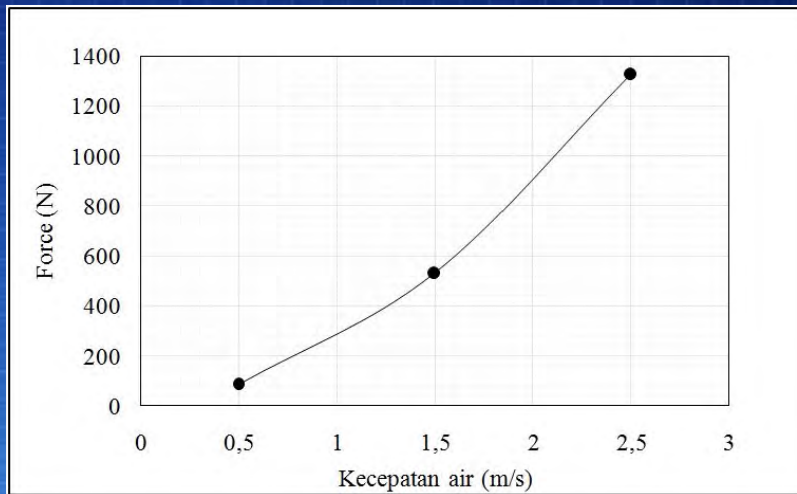
Terlihat bahwa awake terpanjang pada *multiple turbine array* 1 sebesar 1,15 m terjadi pada saat kecepatan arus laut 2,5 m/s

PENGOLAHAN DATA



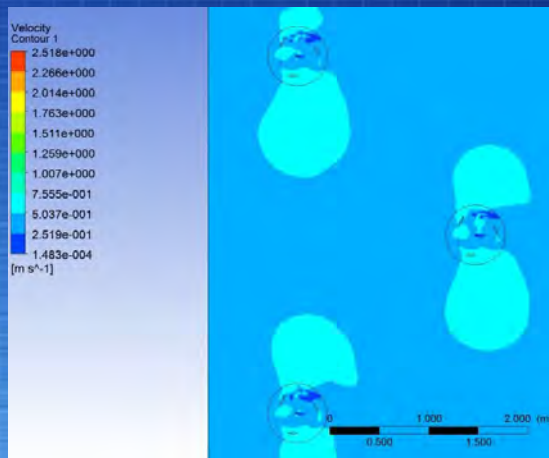
Array Multiple Turbine 02
 $V = 0,5 \text{ m/s}$

PENGOLAHAN DATA

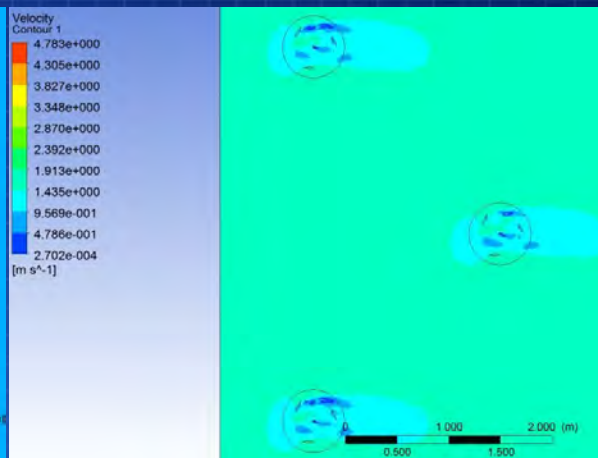


Array Multiple Turbine 02
 $V = 0,5 \text{ m/s}$

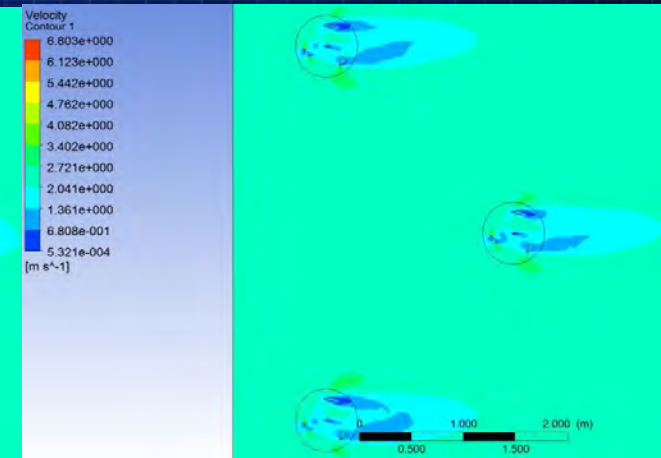
HASIL SIMULASI



V=0,5 m/s



V=1,5 m/s



V=2,5 m/s

Terlihat bahwa awake terpanjang pada *multiple turbine array* 2 sebesar 1,15 m terjadi pada saat kecepatan arus laut 2,5 m/s

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Wake terpanjang sebesar 11,5 m terjadi pada saat kecepatan arus laut 2,5 m/s.
2. Force terbesar dihasilkan oleh array 2 dengan formasi zigzag dan jarak antar domain tabung sebesar 3D. Besar force yang dihasilkan adalah 1326,9438 N.
3. Torque terbesar dihasilkan oleh array 2 dengan formasi zigzag dan jarak antar domain tabung sebesar 3D. Besar torsi yang dihasilkan adalah 265,3888 Nm.
4. Power terbesar dihasilkan oleh array 2 dengan formasi zigzag dan jarak antar domain tabung sebesar 3D. Besar daya yang dihasilkan adalah 2455,5183 Watt.
5. Besarnya force, torque dan power pada setiap turbin berbanding lurus terhadap kecepatan arus laut yang menabrak blade, semakin besar kecepatan arus laut yang menabrak blade maka force, torque dan power yang dihasilkan semakin besar.
6. Peletakan antar VATT yang paling optimal yaitu pada jarak 3D (1,2 m) antar domain tabung dikarenakan wake (penurunan kecepatan) akan kembali ke kecepatan normal setelah melewati jarak 1,15 m.

KESIMPULAN DAN SARAN

Saran

1. Perlu dilakukan analisis pengaruh pertambahan waktu terhadap panjang wake yang ditimbulkan oleh turbin.
2. Perlu dilakukan simulasi dengan menggunakan software yang berbeda untuk membandingkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan.
3. Perlu dilakukan penelitian eksperimental untuk memperkuat hasil simulasi yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA



[1] Guitet, L., Kusulja, M. & Maitre, T., 2005. “Setting Up of An Experiment to Test Vertical Axis Water Turbines”. (<http://www.ifremer.fr/dtmsi/.../mp/.../4.3.LEGI.pdf>). diakses pada tanggal 27 Januari 2015

[2] Shah Khalid, S., Liang, Z., & Qi Hu, S., 2013. “CFD Simulation of Twin Vertical Axis Tidal Turbines System”. Applied Science, Engineering and Technology, 233-238 (Jurnal)

[3] Coiro, D. P., 2007. “Experiment on Horizontal and Vertical Axis Water Turbines for Harnessing Marine Currents: Technological and Economical Aspects”. (http://www.islenet.net/docs/coiro_islenet2007.pdf). diakses pada tanggal 27 Januari 2015

[4] Goude, Anders, 2012. “Fluid Mechanics of Vertical Axis Turbine”. Faculty of Science and Technology Uppsala University. Uppsala. (Disertation)

[5] Hantoro, Ridho, dkk., 2011. “An Experimental Investigation of Passive Variable-Pitch Vertical-Axis Ocean Current Turbine”, Institut Teknologi Bandung. Bandung (Paper)

DAFTAR PUSTAKA



[6] Ariana, I., Made, dkk., 2011. “Respon Getaran Model Vertical Axis Turbin (VAT) Akibat Pengaruh Kecepatan Aliran Arus Laut”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya (Paper)

[7] Yulianto, S., Eko. 2013. “Analisa Putaran dan Torsi Turbin Arus Laut Akibat Pengaruh Variasi Diameter dan Jumlah Blade”. Jurusan Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya (Tugas Akhir)

[8] Munawroh, 2013. “Energi Pasang Surut Sebagai Sumber Energi Alternatif Bagi Pulau-Pulau Kecil di Nusantara”. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta (Paper)

[9] Hartanto, E., S. 2013. “Perencanaan Oscilating Wave Column (OWC) Menggunakan Fluida Cair”. Jurusan Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya (Tugas Akhir)

[10] OTEC News. 2012. “Working Principle” (<http://www.otecnews.org/about/>) diakses pada tanggal 13 Maret 2015

DAFTAR PUSTAKA



[11]Gunawan M., G., Adetama. 2014 “Studi Eksperimental Mekanisme Passive-Pitch Dengan Flapping Wing Pada Turbin Vertikal Aksis Tipe Darrieus”. Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya (Tugas Akhir)

[12] Septyaningrum, Erna. 2015 “Analisis Profil Wake Di Belakang Turbin Arus Laut Tipe V-Blade Darrieus Berbasis Computational Fluid Dynamics”. Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya (Tugas Akhir)

[13]http://qph.is.quoracdn.net/main-qimgfcb44356d842938658685ce4e9354faa?convert_to_webp=true

[13]“Pengaruh angle of attack (α) terhadap bentuk aliran” (http://qph.is.quoracdn.net/main-qimgfcb44356d842938658685ce4e9354faa?convert_to_webp=true) diakses pada tanggal 15 Maret 2015